



PCT/FR 2004/001733

REÇU 08 OCT. 2004

OMPI PCT

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 24 AOUT 2004

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*01

### REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 250899

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>4 JUL. 2003</b> LIEU <b>99 0308243</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE <b>01-07-2003</b> PAR L'INPI		<b>5 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE  LAUER Vincent Les Oréades bâtiment B 20 chemin des Saulniers 25000 Besançon	
<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif) 0207031			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N° _____ Date ____/____/____	
ou demande de certificat d'utilité initiale		N° _____ Date ____/____/____	
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N° _____ Date ____/____/____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum) Dispositif d'imagerie			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		LAUER	
Prénoms		Vincent	
Forme juridique		Entreprise Individuelle	
N° SIREN		4 . 1 . 1 . 6 . 5 . 0 . 2 . 2 . 9	
Code APE-NAF		3 . 3 . 4 . B	
Adresse	Rue	20 chemin des Saulniers	
	Code postal et ville	25000 Besançon	
Pays		France	
Nationalité		Français	
N° de téléphone (facultatif)		03 81 80 11 98	
N° de télécopie (facultatif)		03 81 80 98 70	
Adresse électronique (facultatif)		lauer@waika9.com	

REMISE DES PIÈCES DATE <b>4 JUIL 2003</b> LIEU <b>99</b> <b>0308243</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		0207031	
<b>6 MANDATAIRE</b> Nom Prénom Cabinet ou Société N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>			
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>			
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
<b>7 INVENTEUR (S)</b> Les inventeurs sont les demandeurs		<input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b> Établissement immédiat ou établissement différé		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input checked="" type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence)</i> :	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) Vincent LAUER, demandeur		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI  <b>L. MARIELLO</b>	

### Dispositif d'imagerie

- 5 Domaine technique : il s'agit d'un système d'imagerie à balayage applicable par exemple en microscopie et proche du microscope confocal.

#### Technique antérieure :

- La technique antérieure comporte les microscopes confocaux à balayage laser, les microscopes confocaux à  
10 disque de Nipkow, les microscopes confocaux à double compensation du type décrit dans les brevets PCT/FR01/02890, et les systèmes à projection de grille.

#### Description de l'invention.

- L'invention a pour objectif d'améliorer la qualité et la luminosité des images confocales, et en particulier des  
15 images confocales obtenues à partir d'un éclairage non cohérent, de manière à obtenir certains des avantages des systèmes à projection de frange, avec des améliorations.

- Les images confocales obtenues en éclairage non cohérent résultent toujours d'un compromis entre le degré de confocalité et la luminosité. Elles comprennent en particulier beaucoup de basses fréquences spatiales correspondant à un niveau de flou élevé. L'invention a pour principal objectif d'améliorer le déflouage des  
20 images confocales.

A cette fin l'invention consiste en un dispositif d'imagerie comprenant :

- un premier filtre spatial pour filtrer un faisceau lumineux d'éclairage, et un système optique générant une image géométrique du premier filtre spatial dans l'objet observé, pour éclairer une première zone délimitée d'un objet observé,
- 25 - un système optique générant une image géométrique de l'objet observé sur un second filtre spatial traversé par la lumière provenant de l'objet observé, pour éliminer la lumière ne provenant pas d'une seconde zone délimitée de l'objet,
- un dispositif de balayage pour déplacer sur l'objet observé les images géométriques des première et seconde zones délimitées,
- 30 - un système optique générant une première image de l'objet observé sur un premier dispositif de détection à partir de la lumière ayant traversé le second filtre, caractérisé par le fait qu'il comprend :
  - un système optique générant une seconde image de l'objet observé sur un second dispositif de détection à partir d'un faisceau lumineux provenant de l'objet observé,
- 35 - des moyens pour obtenir, à partir desdites première et seconde images, une image résultante améliorée.

En effet, la disponibilité de deux images obtenues différemment permet, au moyen d'un traitement adéquat, d'obtenir une image résultante de qualité supérieure à chacune des deux images acquises séparément.

- Lesdits moyens pour obtenir une image résultante améliorée déterminent de préférence la différence entre la  
40 première image affectée d'un premier coefficient multiplicateur, et la seconde image affectée d'un second

coefficient multiplicateur. Si par exemple la première image est quasi-confocale et la seconde non confocale, on conçoit que cette technique permet d'éliminer une composante confocale sur l'image quasi-confocale.

Une version de l'invention est donc caractérisée par le fait que la seconde image est obtenue à partir d'un faisceau lumineux provenant de l'objet observé et n'ayant pas traversé le deuxième filtre spatial, de sorte que

- 5 la seconde image est non confocale ce qui permet une réalisation simple suivant le principe détaillé plus haut.

Toutefois la simple soustraction d'une image confocale et d'une image non confocale n'est pas la technique la plus optimale pour améliorer le déflouage. Une version améliorée de l'invention comporte :

- un troisième filtre spatial pour filtrer un faisceau lumineux d'éclairage et un système optique générant une image géométrique du troisième filtre spatial dans l'objet observé, pour éclairer une troisième zone délimitée
- 10 d'un objet observé,
- un système optique générant une image géométrique de l'objet observé sur un quatrième filtre spatial traversé par la lumière provenant de l'objet observé, pour éliminer la lumière ne provenant pas d'une quatrième zone délimitée de l'objet,
- un dispositif de balayage pour déplacer sur l'objet observé les images géométriques des troisième et
- 15 quatrième zones délimitées,
- un système optique générant la seconde image de l'objet observé sur le second dispositif de détection à partir de la lumière ayant traversé le quatrième filtre spatial.

- En effet, de cette manière, la seconde image peut elle aussi être réalisée dans des conditions de filtrage appropriées, ce qui permet une amélioration correspondante de l'image résultante. Par ailleurs, dans
- 20 certains cas, il est techniquement plus simple d'obtenir la première et la seconde image de la même manière.

Une possibilité optimisant la luminosité consiste à concevoir les filtres spatiaux de manière à ce que :

- la première zone délimitée est un premier ensemble de bandes parallèles,
- la seconde zone délimitée est un second ensemble de bandes parallèles, confondu avec le premier ensemble,
- 25 - la troisième zone délimitée est un troisième ensemble de bandes parallèles,
- la quatrième zone délimitée est un quatrième ensemble de bandes parallèles alternant avec les bandes du troisième ensemble.

Une autre possibilité, optimisant la qualité de l'image, consiste à concevoir les filtres spatiaux de manière à ce que :

- 30 - la première zone délimitée est un ensemble de disques microscopiques,
- la seconde zone délimitée est un ensemble de disques concentriques aux disques de la seconde zone,
- la quatrième zone délimitée est un ensemble de disques microscopiques,
- la troisième zone délimitée est un ensemble d'anneaux concentriques auxdits points.

- 35 Pour pouvoir réaliser l'invention à un coût minimisé, une possibilité est que l'invention comprenne des moyens pour modifier la forme du premier et/ou du deuxième filtre spatial. En effet ceci permet que le premier filtre spatial et le second filtre spatial coïncident respectivement avec le troisième et le quatrième filtre spatial.

- Par exemple on peut prévoir des moyens pour échanger le premier et/ou le deuxième filtre spatial. Il est
- 40 également possible que le premier et/ou le deuxième filtre spatial soit composé de deux plaques glissant l'une

sur l'autre, pour modifier les première et deuxième zones délimitées par glissement du filtre. On peut également utiliser pour le premier et/ou le second filtre spatial un dispositif électronique configurable composé par exemple de cristaux liquides ou de micromiroirs.

Enfin, il est également possible de réaliser l'invention avec un filtre spatial fixe. Une possibilité pour  
5 cela est d'utiliser un miroir galvanométrique placé dans un plan afocal par rapport au premier filtre spatial, pour faire passer le faisceau par une zone filtrante du premier filtre spatial ou hors de cette zone. Le miroir peut être celui utilisé pour le balayage dans un système du type décrit dans le brevet PCT/FR01/02890, ce qui permet une réalisation particulièrement simplifiée.

Afin d'éviter les pertes de lumière, on peut utiliser un filtre spatial unique composé de  
10 microprismes. Dans ce cas, ce filtre unique constitue à la fois le premier, le deuxième, le troisième et le quatrième filtre spatial. Pour un bon fonctionnement du système, il est préférable de prévoir les éléments suivants :

- un diaphragme d'ouverture éliminant la lumière d'éclairage ayant traversé un premier ensemble de microprismes,
- 15 - un prisme permettant de séparer la première image formée par la lumière provenant de l'objet et ayant traversé le premier ensemble de microprisme, de la seconde image formée par la lumière provenant de l'objet et n'ayant pas traversé le premier ensemble de microprismes.

#### Description rapide des figures :

- 20 La figure 1 représente le système de balayage utilisé dans un mode de réalisation préféré de l'invention. La figure 2 représente un filtre spatial utilisé dans ce mode de réalisation. Les figures 3 et 4 représentent des superpositions des images géométriques de deux filtres spatiaux du même type correspondant à deux positions de ces filtres. La figure 6 représente la superposition des images géométriques des filtres des figures 6 et 7. Les figures 8 et 9 représentent deux plaques lithographiées dont la superposition permet d'obtenir les filtres  
25 des figures 6 et 7. La figure 10 représente une variante du système de balayage. La figure 11 représente une plaque lithographiée qui superposée à elle-même permet d'obtenir les filtres des figures 11 et 12. La figure 13 montre un filtre spatial comportant une zone filtrante et une zone non filtrante entre lesquelles il est possible d'alternier au moyen d'un miroir galvanométrique. La figure 14 montre un système de balayage modifié pour permettre une acquisition en temps réel dans des conditions de luminosité optimales. La figure  
30 15 montre le filtre spatial utilisé avec le dispositif de la figure 14. La figure 16 illustre le fonctionnement de ce filtre spatial. La figure 17 illustre la formation simultanée de deux images sur le capteur 114.

#### Premier mode de réalisation:

- 35 Un premier mode de réalisation est basé sur une configuration optique représentée par la figure 1.

Ce premier mode de réalisation est représenté sur la figure 1. Un faisceau lumineux provenant d'un plan image 112 d'un microscope non représenté traverse une lentille « objet » 111 dont un plan focal est le plan 112. On a représenté sur la figure le faisceau provenant d'un point particulier de l'objet observé. Après traversée de la lentille 111 le faisceau est en zone afocale, c'est-à-dire que le faisceau provenant d'un point  
40 donné du plan 112 devient parallèle après traversée de la lentille 111. Le faisceau parvient ensuite à

l'ensemble de balayage et de compensation 120 dont l'entrée et la sortie sont en zone afocale. Le premier élément rencontré par le faisceau dans le dispositif de balayage est la face objet 101(a) du miroir galvanométrique située dans un plan focal de la lentille 111. Cette face du miroir galvanométrique réfléchit le faisceau vers la lentille 102 dont un plan focal est sur la face 101(a) du miroir galvanométrique. Après traversée de la lentille 102 le faisceau parvient au miroir 103 qui réfléchit le faisceau vers le deuxième filtre spatial 104 situé dans un plan focal de la lentille 102. Le faisceau ayant traversé le premier filtre spatial 104 est ensuite réfléchi par le miroir 105 puis traverse la lentille 106 dont un plan focal est sur le réseau 104. Il traverse alors la lentille 107 dont un plan focal est confondu avec un second plan focal de la lentille 106. Il est réfléchi par les miroirs 108 et 109 puis traverse la lentille 110 dont un plan focal est confondu avec le second plan focal de la lentille 107. Il est réfléchi par la face image 101(b) du miroir galvanométrique et sort du dispositif de balayage 120. Il est alors focalisé dans un plan image 114 par la lentille « image » 113. Typiquement, un capteur CCD est placé dans le plan 114. Les lentilles 102, 106, 107, 110 sont identiques entre elles. Le faisceau d'éclairage dirigé vers l'objet observé peut être injecté en divers points, dans le dispositif de balayage ou en-dehors de ce dispositif. On a représenté ici le cas où un faisceau 123 issu d'une lampe à vapeur de mercure et traversant un premier filtre spatial 121 et une lentille 120 est injecté dans le système au moyen d'un miroir dichroïque 100. On n'a représenté par des flèches que la direction du faisceau provenant de l'objet observé ; le faisceau d'éclairage se dirigeant vers l'objet a la direction inverse. Ce schéma est inspiré du brevet PCT/FR03/00699. Un mode de réalisation équivalent utilise le scanner à 2 lentilles et 4 miroirs décrit dans le brevet PCT/FR03/00699 mais plus difficile à représenter en 2D.

Par exemple le premier et le deuxième filtre spatial peuvent être du type représenté sur la figure 2 où la flèche 200 représente la direction de balayage. Le filtre spatial de la figure 2 est composé de bandes transparentes 201 sur un fond opaque 202. Une première image est réalisée sur le capteur CCD 114 lorsque les images géométriques du premier et du deuxième filtre spatial sont superposées comme indiqué sur la figure 4 où les parties claires 212 représentent les zones éclairées de l'objet (image géométrique du premier filtre spatial) contrastant par rapport aux zones non éclairées 211, et où les pointillés 213 représentent l'image géométrique du deuxième filtre spatial. Une deuxième image est réalisée sur le capteur CCD 114 lorsque les images géométriques du premier et du deuxième filtre spatial sont disjointes comme représenté sur la figure 3 où les parties claires 212 représentent les zones éclairées de l'objet (image géométrique du premier filtre spatial) contrastant par rapport aux zones non éclairées 211, et où les pointillés 213 représentent l'image géométrique du deuxième filtre spatial. Une image résultante peut être ensuite obtenue par soustraction des première et deuxième images affectées chacune d'un coefficient multiplicateur qui peut être ajusté empiriquement pour obtenir la meilleure qualité d'image possible. Les images obtenues par la présente technique sont comparables à celles obtenues avec un système à projection de grille qui utiliserait comme grille le filtre spatial de la figure 2. Le dimensionnement des bandes du filtre spatial de la figure 2 peut se faire par exemple de la même manière que celui du réseau de bandes du filtre spatial de la figure 13, détaillé plus loin. Typiquement, pour ce dimensionnement du système de bandes, si la première image est notée  $I1[i,j]$  et la deuxième est notée  $I2[i,j]$  on peut calculer la résultante  $I1[i,j]-I2[i,j]$ .

Le premier et le deuxième filtre spatial peuvent également être du type représenté sur les figures 7 et 6. Lors de l'obtention de la première image, le premier et le deuxième filtre spatial sont formé d'anneaux

sur fond opaque 227, dont le diamètre peut être proche de celui de la tache d'Airy ou de la demi tache d'Airy selon la précision recherchée. Lors de l'obtention de la deuxième image le premier filtre spatial est formé d'anneaux 226 sur fond opaque 227 et le deuxième filtre spatial est formé de disques 225 sur fond opaque 224. L'image résultante est obtenue comme précédemment. Pour changer de premier filtre spatial entre la première et la deuxième image on utilise un filtre formé de deux vitres lithographiées placées l'une contre l'autre comme indiqué dans le brevet PCT/FR02/04382. Une des vitres est du type représenté sur la figure 8 et l'autre est du type représenté sur la figure 9. En faisant glisser ces vitres l'une contre l'autre on peut superposer alternativement un trou 228 ou un anneau 229 à un trou 232 et donc alterner entre le filtre représenté figure 6 et celui représenté figure 7.

Le choix des filtres spatiaux utilisés dépend du compromis souhaité entre la luminosité et la qualité d'image. Les filtres en « bandes » sont plus lumineux mais ont une moindre qualité d'image.

#### Deuxième mode de réalisation

Il est possible également d'utiliser un dispositif de balayage du type représenté figure 10. Ce dispositif de balayage diffère du précédent en ce que le faisceau lumineux 115 provenant d'une lampe à vapeur de mercure est inséré au moyen d'un dichroïque 100 dans le dispositif, un filtre monochromateur étant installé sur la lampe et un autre filtre monochromateur 130 étant installé devant la caméra, suivant une technique classique pour la microscopie en fluorescence. Le premier et le deuxième filtre spatial sont ici confondus en un seul filtre 104 qui doit donc assurer les deux fonctions.

Une solution efficace est d'utiliser un filtre spatial composé de deux vitres lithographiées placées l'une contre l'autre comme indiqué dans le brevet PCT/FR02/04382. Ces deux vitres sont du type représenté sur la figure 11, c'est à dire des bandes transparentes 251 sur un fond opaque 250, la largeur des bandes étant double de l'espacement entre les bandes. La deuxième image est acquise lorsque les vitres sont exactement superposées et que le filtre spatial a donc l'allure de la figure 11. La première image est acquise lorsque les deux vitres sont décalées l'une par rapport à l'autre et que le filtre a l'allure représentée figure 12, c'est à dire que la largeur des bandes est réduite de moitié. L'image résultante est calculée comme précédemment en soustrayant les deux images affectées de coefficients multiplicateurs. Les coefficients multiplicateurs peuvent être pour chaque image l'inverse de sa valeur moyenne.

Une autre solution est d'utiliser le filtre spatial de la figure 2 pour obtenir la première image et de le retirer pour obtenir la deuxième image qui est alors non confocale. Les deux images peuvent être combinées comme précédemment.

Une troisième solution est d'obtenir séparément une première image « confocale » en utilisant le système de balayage et le filtre spatial, et une image non confocale au moyen d'une caméra recevant un faisceau n'ayant pas traversé le système de balayage. Les deux images peuvent être combinées comme précédemment. Par exemple un capteur CCD indépendant peut être atteint par la lumière provenant de l'échantillon sans traverser le dispositif de balayage. Dans ce cas, les deux images peuvent être acquises simultanément.

Une quatrième solution consiste à utiliser un seul filtre spatial 104 comprenant deux zones utiles distinctes et à faire passer la partie utile du faisceau dans l'une ou l'autre des zones utiles au moyen du miroir



galvanométrique. Le filtre spatial 104 peut être du type schématisé sur la figure 13. Il comporte, sur un fond noir 260:

- une zone transparente 261 de taille suffisante pour que la totalité de l'image parvenant au capteur CCD 114 puisse traverser cette zone.
- 5 - un réseau de bandes 262 de taille supérieure à la taille de l'image parvenant au capteur CCD 114, de manière à ce que l'on puisse effectuer un balayage de l'objet par ce réseau de bandes sans que l'image de la zone observée sur le filtre spatial sorte du réseau de bandes.

Lors de la phase d'imagerie, une première image est acquise avec balayage de l'objet par le réseau de bandes et une deuxième image est acquise sans balayage. Une image résultante est ensuite calculée et  
10 affichée.

Lors de l'acquisition de la première image, le balayage est effectué en déplaçant l'image du capteur CCD 114 sur le filtre spatial 104 entre deux positions extrêmes représentées par les pointillés 264 et 265, pendant le temps d'intégration du capteur. Ce déplacement est effectué continûment, au moyen du miroir galvanométrique 101, pendant le temps d'intégration du capteur

15 Entre la première et la seconde image, l'image du capteur CCD 114 sur le filtre spatial 104 est déplacée, au moyen du miroir galvanométrique 101, vers la position représentée par les pointillés 266.

La seconde image est alors acquise sans balayage, l'intégralité du faisceau parvenant au capteur 114 traversant la zone transparente 261.

La première et la seconde image peuvent ensuite être recombinaées. Si on note  $I1[i,j]$  la première image et  $I2[i,j]$  la seconde image, alors l'image combinée est par exemple  $I3[i,j] = I1[i,j] + C.I2[i,j]$  ou le facteur constant  $C$  peut être déterminé empiriquement en ajustant pour avoir la plus belle image. Une fois que le coefficient  $C$  est déterminé, il est en principe applicable à toute image obtenue avec les mêmes longueurs d'ondes et le même filtre spatial.

Un dimensionnement possible est le suivant :

- 25 - taille du capteur 5x5 mm
- grandissement du système optique  $g=100$  entre l'objet observé et le filtre spatial 104
- longueurs d'ondes utilisées centrées sur  $\lambda=600$  nm
- ouverture numérique de l'objectif  $ouv=1,4$ .
- distance  $H1=6$  mm,  $H2=9$  mm,  $L=6$  mm.
- 30 - Pas du réseau de bandes  $p = \frac{\lambda g}{ouv}$  soit  $p=43$  microns
- épaisseur d'une bande :  $e = \frac{\lambda g}{2ouv}$  soit  $e=21$  microns

La zone recouverte par des bandes est équivalente à une grille du type utilisé dans un système à projection de grille. On peut montrer que pour une même grille (pas et épaisseur des bandes) l'image obtenue à l'aide du présent système est équivalente à celle obtenue avec un système à projection de grille.  
35

#### Troisième mode de réalisation.

Les modes de réalisation précédents présentent le défaut de ne pas utiliser de manière optimale l'intensité lumineuse disponible. La figure 14 montre une modification de la figure 10 destinée à améliorer en

cc sens l'efficacité du système et constitue le mode de réalisation préféré de l'invention. Elle diffère de la figure 10 par l'utilisation d'un filtre spatial modifié 304 et par la présence d'un diaphragme 300 et d'un prisme 301. On a également représenté plus précisément la ligne d'éclairage. Le faisceau d'éclairage 115 est diaphragmé par un diaphragme d'ouverture 330, traverse la lentille 331, est diaphragmé par un diaphragme de champ 332, et traverse la lentille 333 avant de parvenir au dichroïque 100. Après réflexion par le dichroïque 100 il parvient à la moitié droite du prisme 301, son extension dans la zone du prisme étant limitée par le diaphragme d'ouverture 331. Il est ensuite réfléchi par le miroir galvanométrique 101(b). Après avoir traversé les lentilles 110, 107, 120 il parvient au filtre spatial 304. Le filtre spatial 304 est représenté sur la figure 15. Il est composé d'une vitre en verre sur laquelle sont réalisés des microprismes, par exemple 310 et 311. Comme sur les autres dessins la direction de balayage est indiquée par la flèche double épaisse. La figure 16 illustre le fonctionnement de ces microprismes. Le faisceau d'éclairage 320 parvenant sur un couple de prismes est divisé en un faisceau 321 et un faisceau 322. Le faisceau 322, après réflexion par le miroir 102 et le miroir galvanométrique 101(a), est arrêté par le diaphragme 300. Le faisceau 321, après réflexion par le miroir 102 et le miroir galvanométrique 101(a), traverse la lentille 111 et est dirigé vers l'objet à observer 112. Par conséquent, l'objet à observer est éclairé par une figure en forme de grille, les microprismes orientés comme 311 générant des bandes claires, et les microprismes orientés comme 310 générant des bandes foncées. La grille balaye l'objet observé lorsque le miroir galvanométrique se déplace. Le faisceau revenant de l'objet observé parvient à nouveau à la grille. Comme indiqué sur la figure 16, le faisceau 323 provenant de l'objet observé est divisé par les microprismes en deux faisceaux 324 et 325 différant entre eux par leur orientation. Ces deux faisceaux reviennent ensuite au miroir galvanométrique 101(b) après avoir passé les lentilles 106, 107, 110. A proximité du miroir galvanométrique 101(b) les deux faisceaux sont séparés spatialement. Chacun des deux faisceaux traverse un demi-prisme différent (les deux moitiés du prisme 301) qui en modifie l'orientation. Après traversée de la lentille 113 les deux faisceaux parviennent en des points différents du plan image 114. Il se forme dans le plan du capteur CCD 114 deux images 341 et 342 dont l'extension est représentée sur la figure 17. La taille de ces images est limitée par le diaphragme de champ 332 qui doit donc de préférence être rectangulaire. La première de ces images est obtenue à partir de la lumière ayant retraversé les microprismes orientés comme 311, déjà traversés par le faisceau d'éclairage. La deuxième de ces images est obtenue à partir de la lumière ayant retraversé les microprismes orientés comme 312, qui associés au diaphragme 300 avaient arrêté le faisceau d'éclairage. Chaque point de l'objet observé a deux points image, par exemple A et B, dont l'un se trouve sur la première image 341 et l'autre se trouve sur la seconde image 342. Le vecteur AB ne dépend pas du point de l'objet observé. Une image résultante est formée en calculant pour chaque point de l'objet observé la différence entre les valeurs acquises sur le capteur pour ses deux points image après que le miroir galvanométrique ait réalisé un balayage de l'image du filtre spatial sur l'objet observé. Avant calcul de la différence il est possible de multiplier chaque image par un coefficient multiplicatif ayant pour fonction d'ajuster au mieux le résultat pour obtenir la meilleure image possible.

Le dimensionnement de la grille peut être effectué comme précédemment à savoir que la largeur  $e$  d'un microprisme, indiquée figure 15, et correspondant à la largeur d'une bande, peut être par exemple de 21 microns.

Ce deuxième mode de réalisation est avantageux en termes de coût puisqu'il n'y a qu'un filtre spatial et les difficultés de réglage sont diminuées. Dans le cas décrit par les figures 14 et suivantes, il est particulièrement avantageux car il permet d'obtenir en temps réel des images dans des conditions optimales d'utilisation de l'information.

5

Le système peut également être utilisé avec d'autres dispositifs de balayage (disque de Nipkow ou balayage laser monopoint par exemple).

Applications industrielles :

- 10 Le présent dispositif d'imagerie peut être utilisé en microscopie pour l'imagerie d'échantillons biologiques ou de matériaux.

### Revendications

1-Dispositif d'imagerie comprenant :

- 5 - un premier filtre spatial pour filtrer un faisceau lumineux d'éclairage et un système optique générant une image géométrique du filtre spatial dans l'objet observé, pour éclairer une première zone délimitée d'un objet observé,
- un système optique générant une image géométrique de l'objet observé sur un second filtre spatial traversé par la lumière provenant de l'objet observé, pour éliminer la lumière ne provenant pas d'une seconde zone délimitée de l'objet,
- 10 - un dispositif de balayage pour déplacer sur l'objet observé les images géométriques des première et seconde zones délimitées,
- un système optique générant une première image de l'objet observé sur un premier dispositif de détection à partir de la lumière ayant traversé le second filtre,
- 15 caractérisé par le fait qu'il comprend :
- un système optique générant une seconde image de l'objet observé sur un second dispositif de détection à partir d'un faisceau lumineux provenant de l'objet,
- des moyens pour obtenir, à partir desdites première et seconde images, une image résultante améliorée.

- 20 2- Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que lesdits moyens pour obtenir une image résultante améliorée déterminent la différence entre la première image affectée d'un premier coefficient multiplicateur, et la seconde image affectée d'un second coefficient multiplicateur.

3- Dispositif selon une des revendications 1 ou 2, comprenant :

- 25 - un troisième filtre spatial pour filtrer un faisceau lumineux d'éclairage et un système optique générant une image géométrique du troisième filtre spatial dans l'objet observé, pour éclairer une troisième zone délimitée d'un objet observé,
- un système optique générant une image géométrique de l'objet observé sur un quatrième filtre spatial traversé par la lumière provenant de l'objet observé, pour éliminer la lumière ne provenant pas d'une
- 30 quatrième zone délimitée de l'objet,
- un dispositif de balayage pour déplacer sur l'objet observé les images géométriques des troisième et quatrième zones délimitées,
- un système optique générant la seconde image de l'objet observé sur le second dispositif de détection à partir de la lumière ayant traversé le quatrième filtre spatial.

35

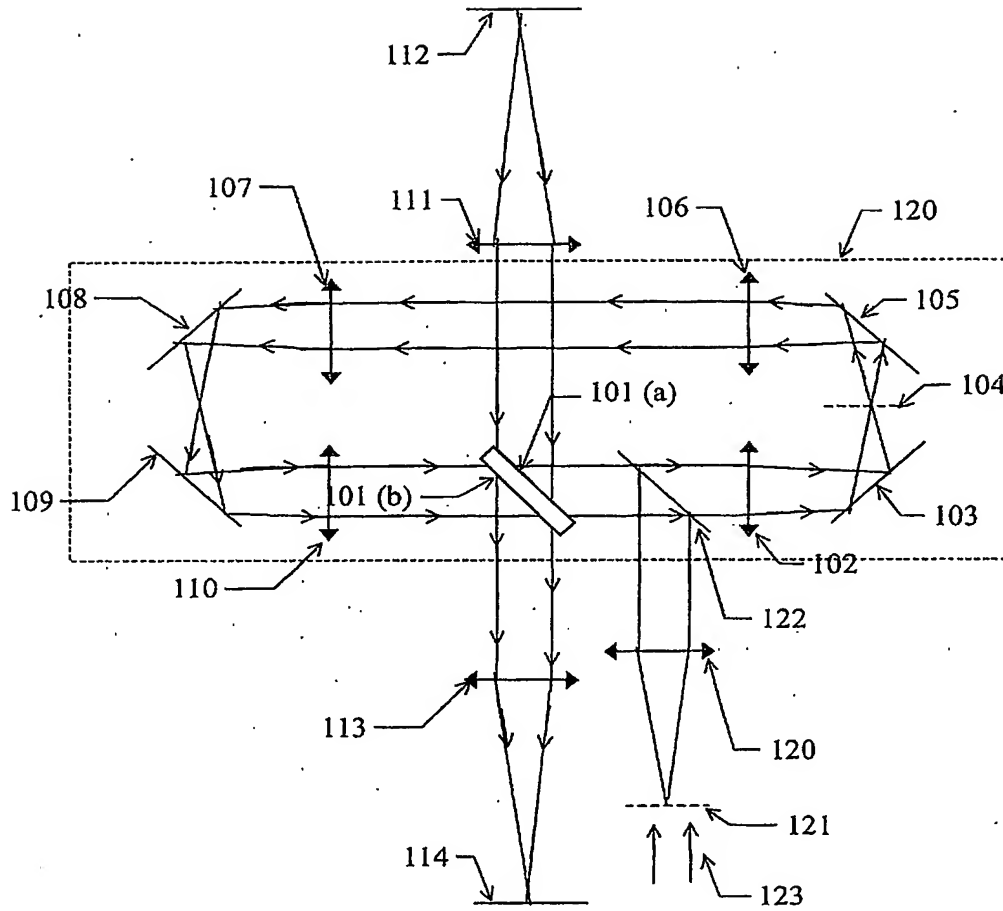
4- Dispositif selon la revendication 3, caractérisé par les faits suivants :

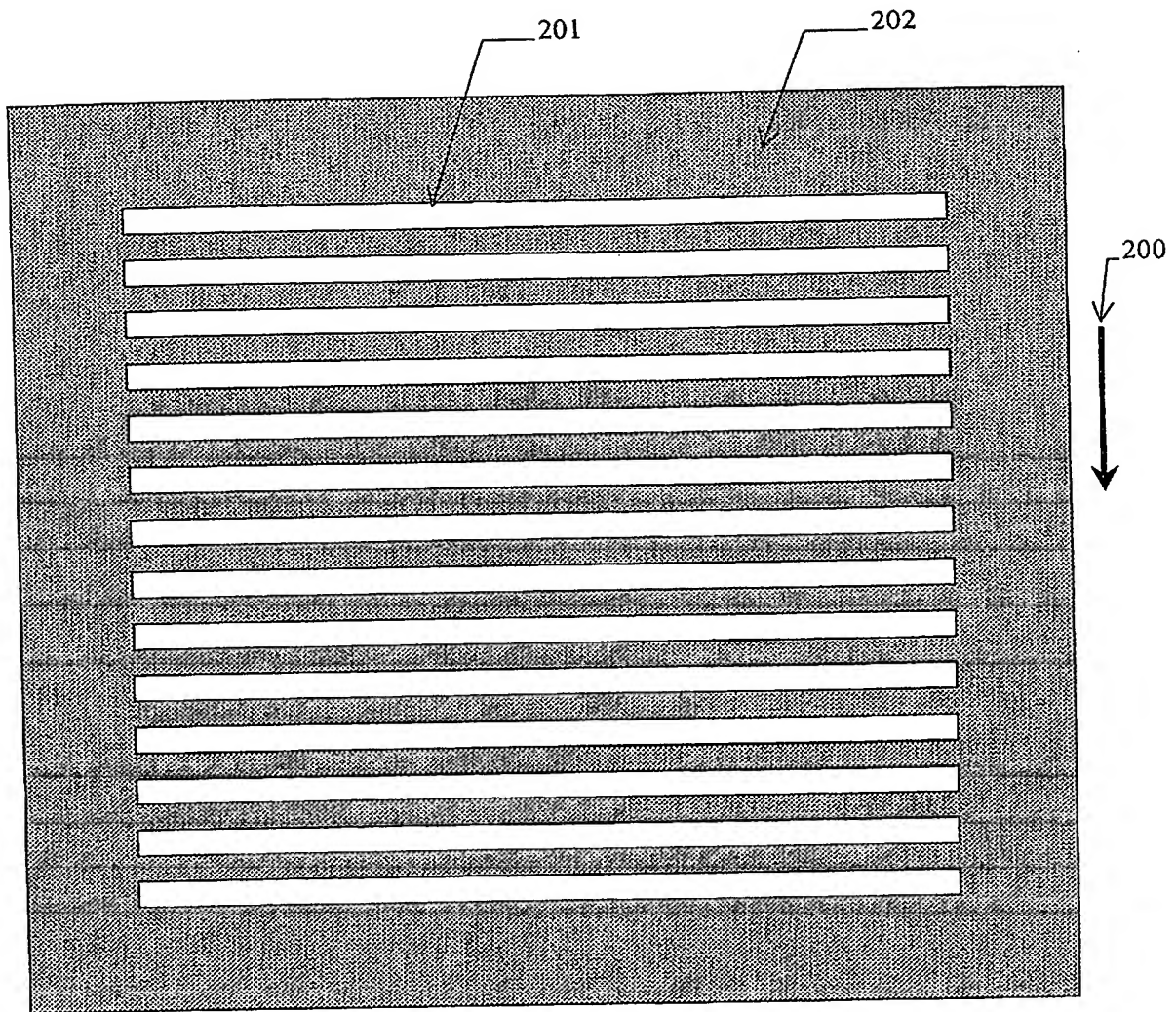
- la première zone délimitée est un premier ensemble de bandes parallèles,
- la seconde zone délimitée est un second ensemble de bandes parallèles, confondu avec le premier ensemble,
- la troisième zone délimitée est un troisième ensemble de bandes parallèles,

- la quatrième zone délimitée est un quatrième ensemble de bandes parallèles alternant avec les bandes du troisième ensemble.

5- Dispositif selon la revendication 3, caractérisé par les faits suivants :

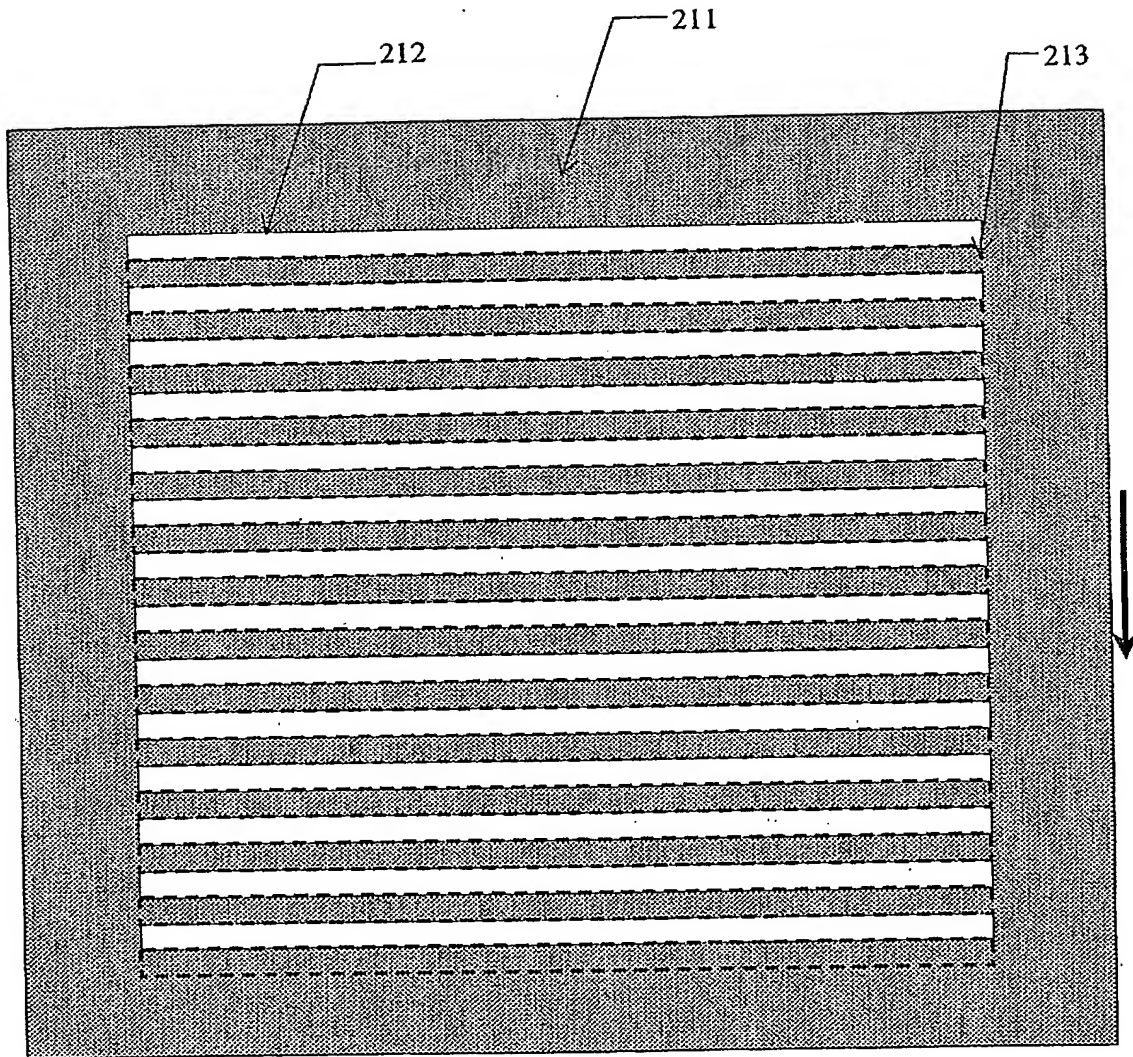
- 5 - la première zone délimitée est un ensemble de disques microscopiques,
  - la seconde zone délimitée est un ensemble de disques concentriques aux disques de la seconde zone,
  - la quatrième zone délimitée est un ensemble de disques microscopiques,
  - la troisième zone délimitée est un ensemble d'anneaux concentriques auxdits points.
- 10 6- Dispositif selon une des revendications 1 ou 2, caractérisé par le fait que la seconde image est obtenue à partir d'un faisceau lumineux provenant de l'objet observé et n'ayant pas traversé le deuxième filtre spatial.
- 7- Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait qu'il comprend des moyens pour modifier la forme du premier et/ou du deuxième filtre spatial.
- 15 8- Dispositif selon une des revendications 1 à 7, caractérisé par le fait qu'il utilise un miroir galvanométrique placé dans un plan afocal par rapport au premier filtre spatial, pour faire passer le faisceau par une zone filtrante du premier filtre spatial ou hors de cette zone.
- 20 9- Dispositif selon la revendication 3, caractérisé par le fait que le premier, le deuxième, le troisième et le quatrième filtre spatial sont confondus en un filtre spatial unique, par le fait que ce filtre spatial unique est composé de microprismes et par le fait que le système comporte :
- un diaphragme d'ouverture éliminant la lumière d'éclairage ayant traversé un premier ensemble de microprismes,
- 25 - un prisme permettant de séparer la première image formée par la lumière provenant de l'objet et ayant traversé le premier ensemble de microprisme, de la seconde image formée par la lumière provenant de l'objet et n'ayant pas traversé le premier ensemble de microprismes.

**Fig. 1**



**Fig. 2**

3/17



**Fig. 3**



4/17

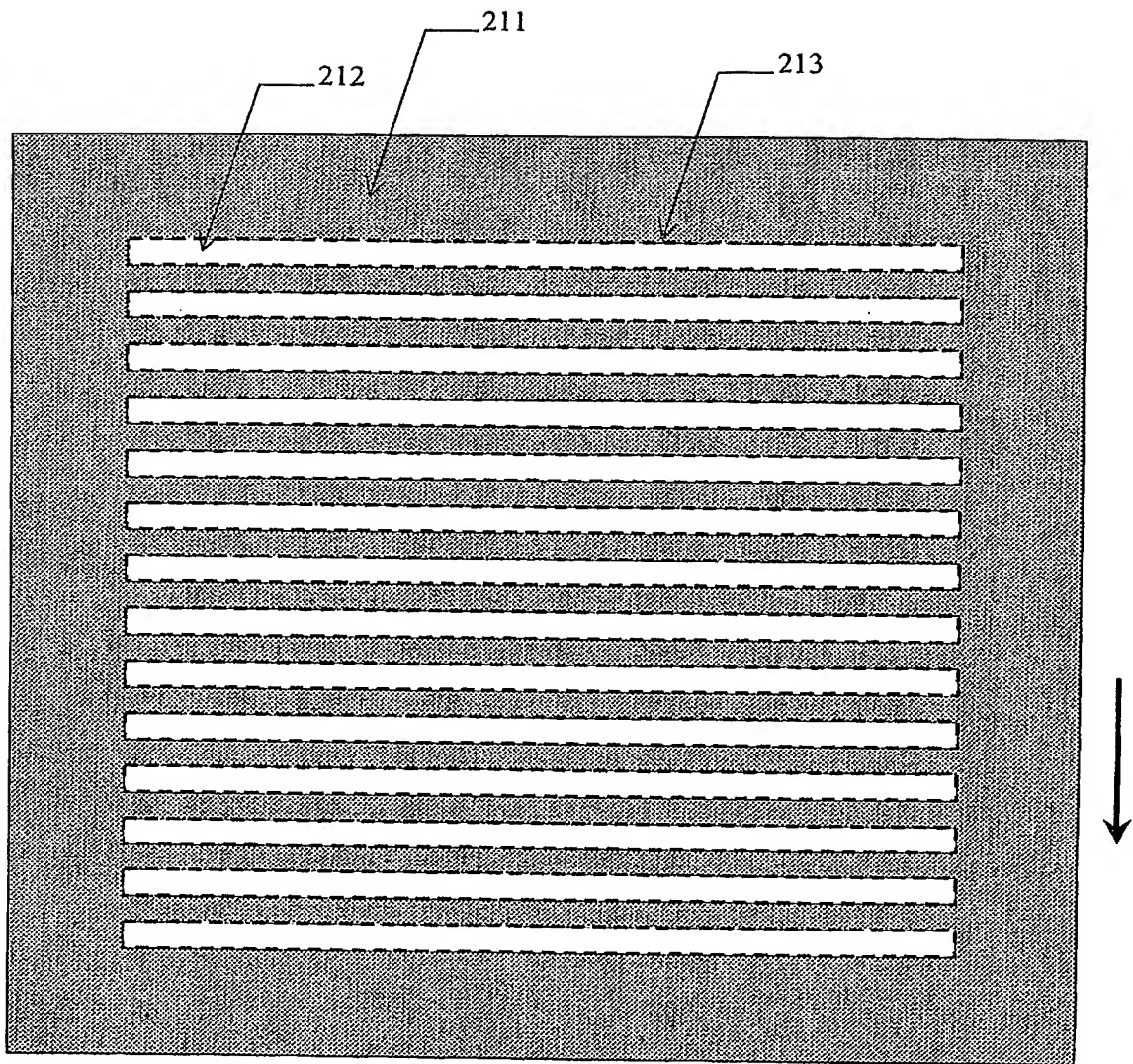


Fig. 4

5/17

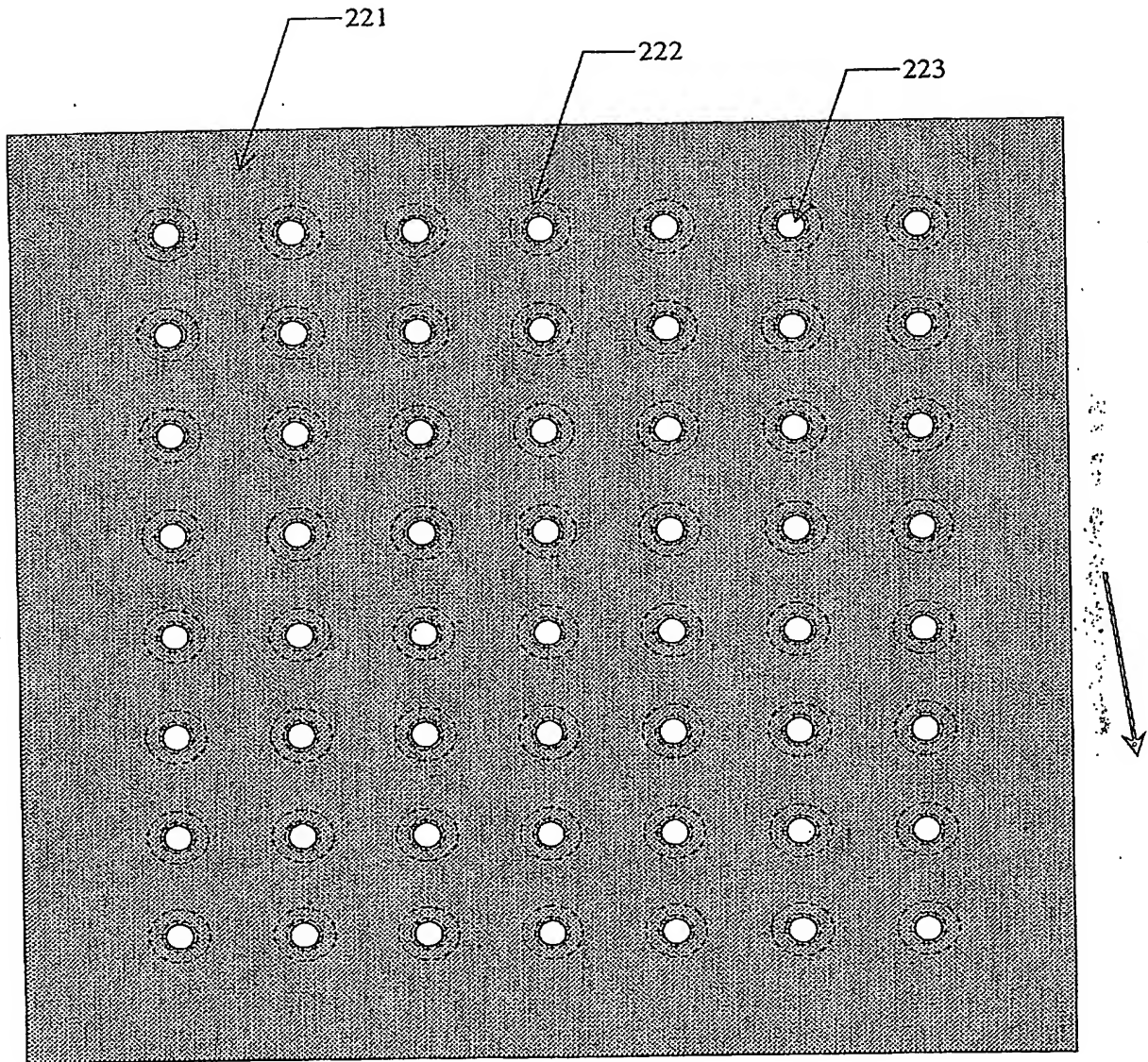
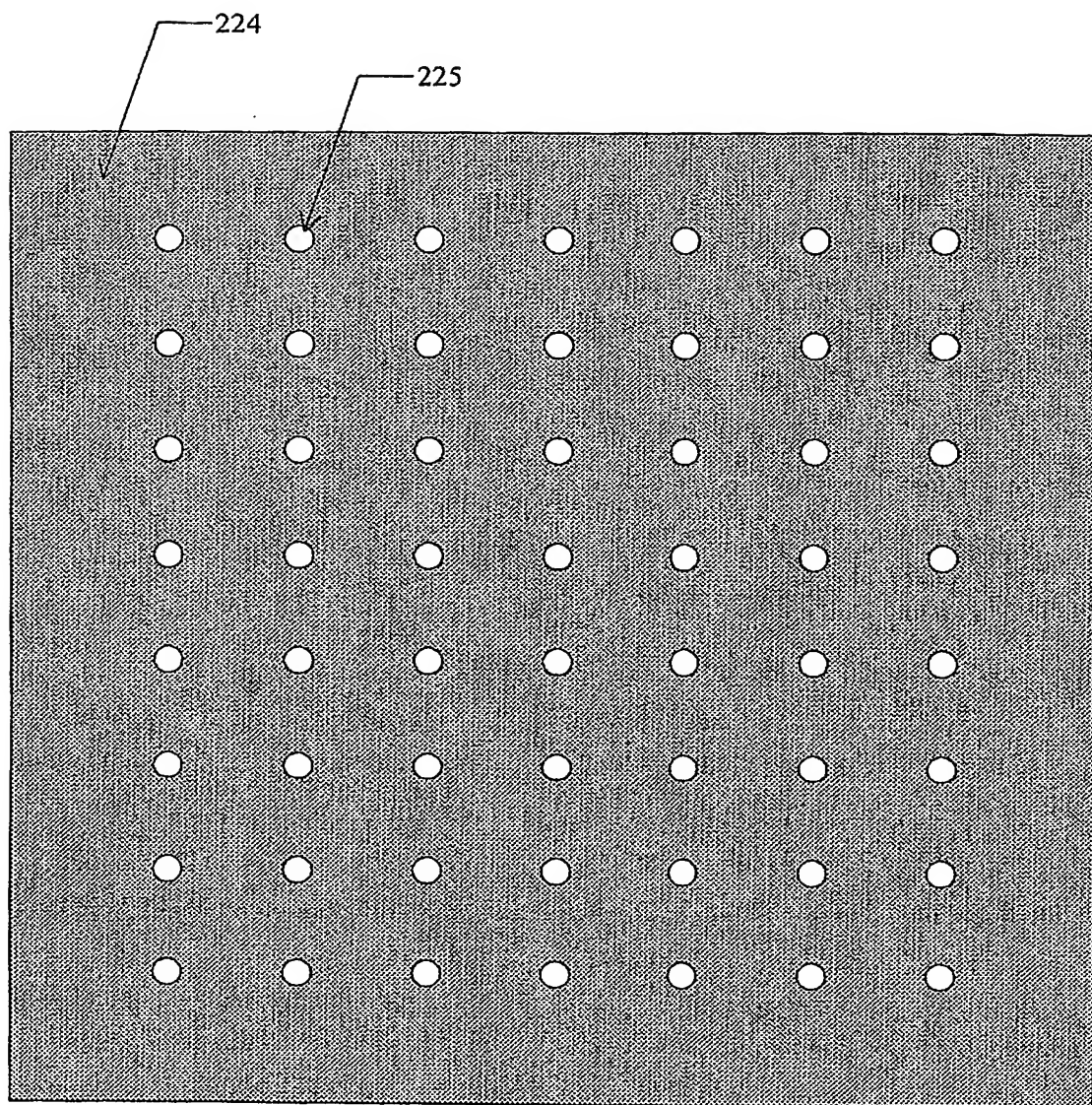


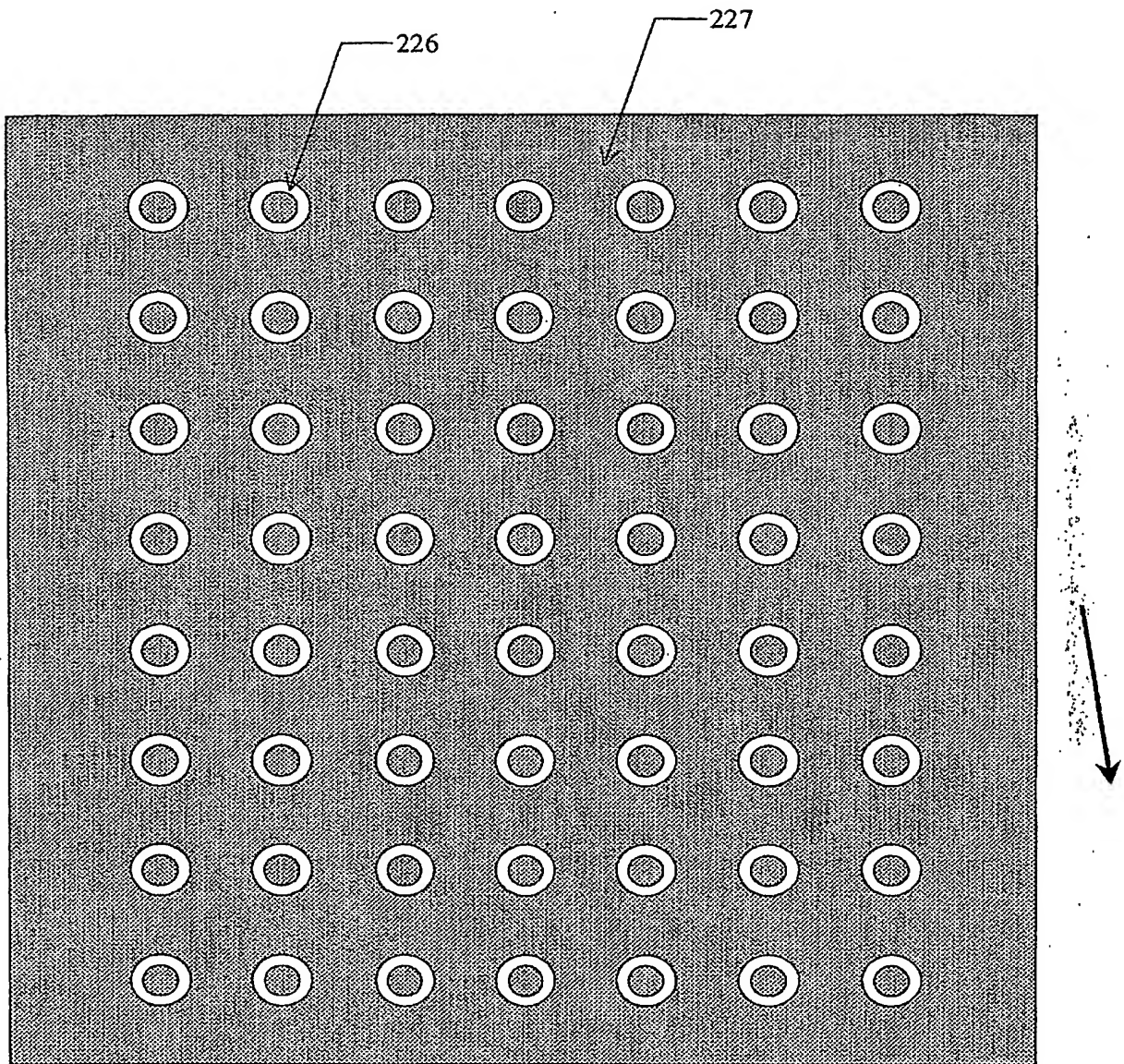
Fig. 5



6/17

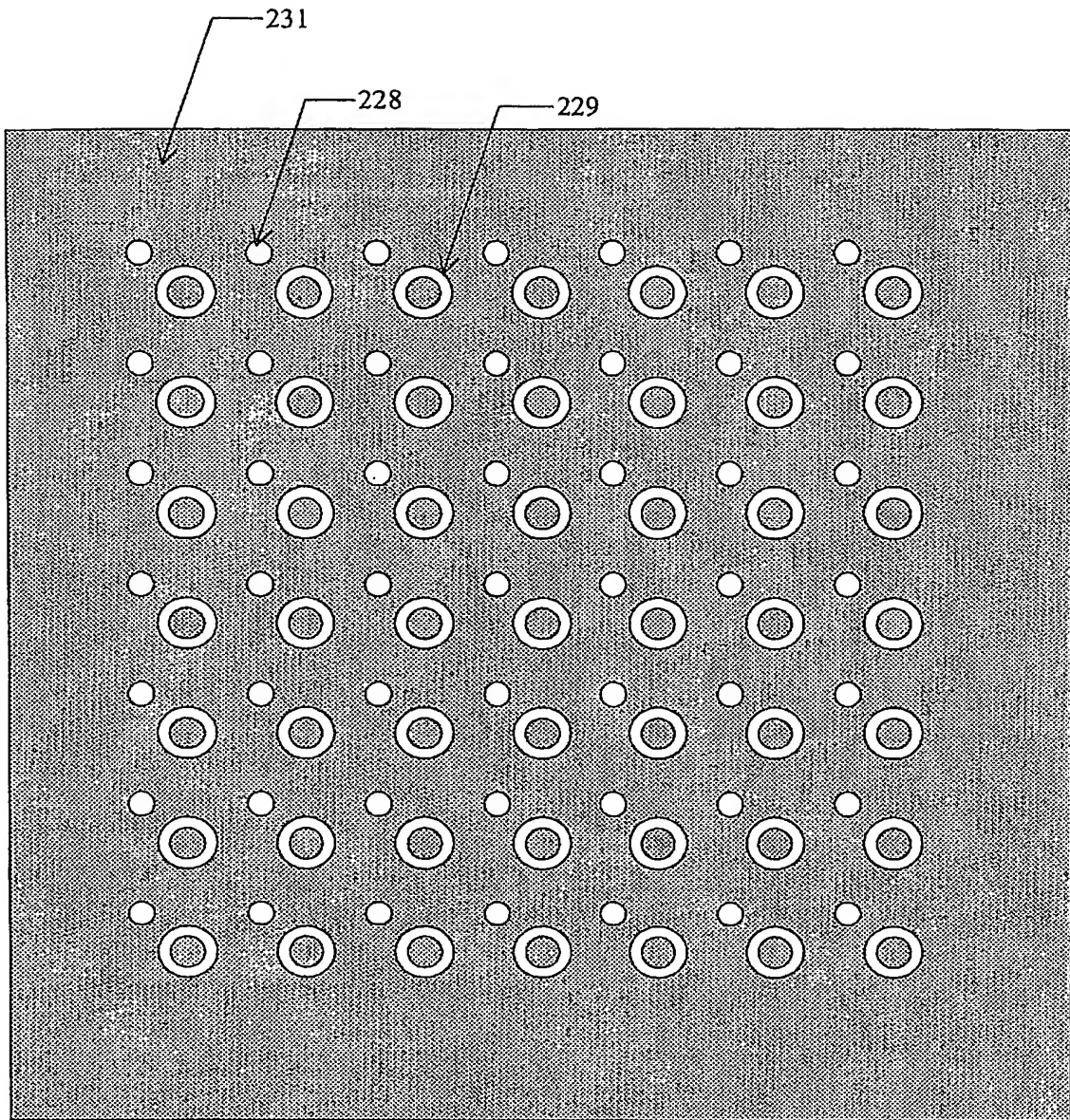


**Fig. 6**



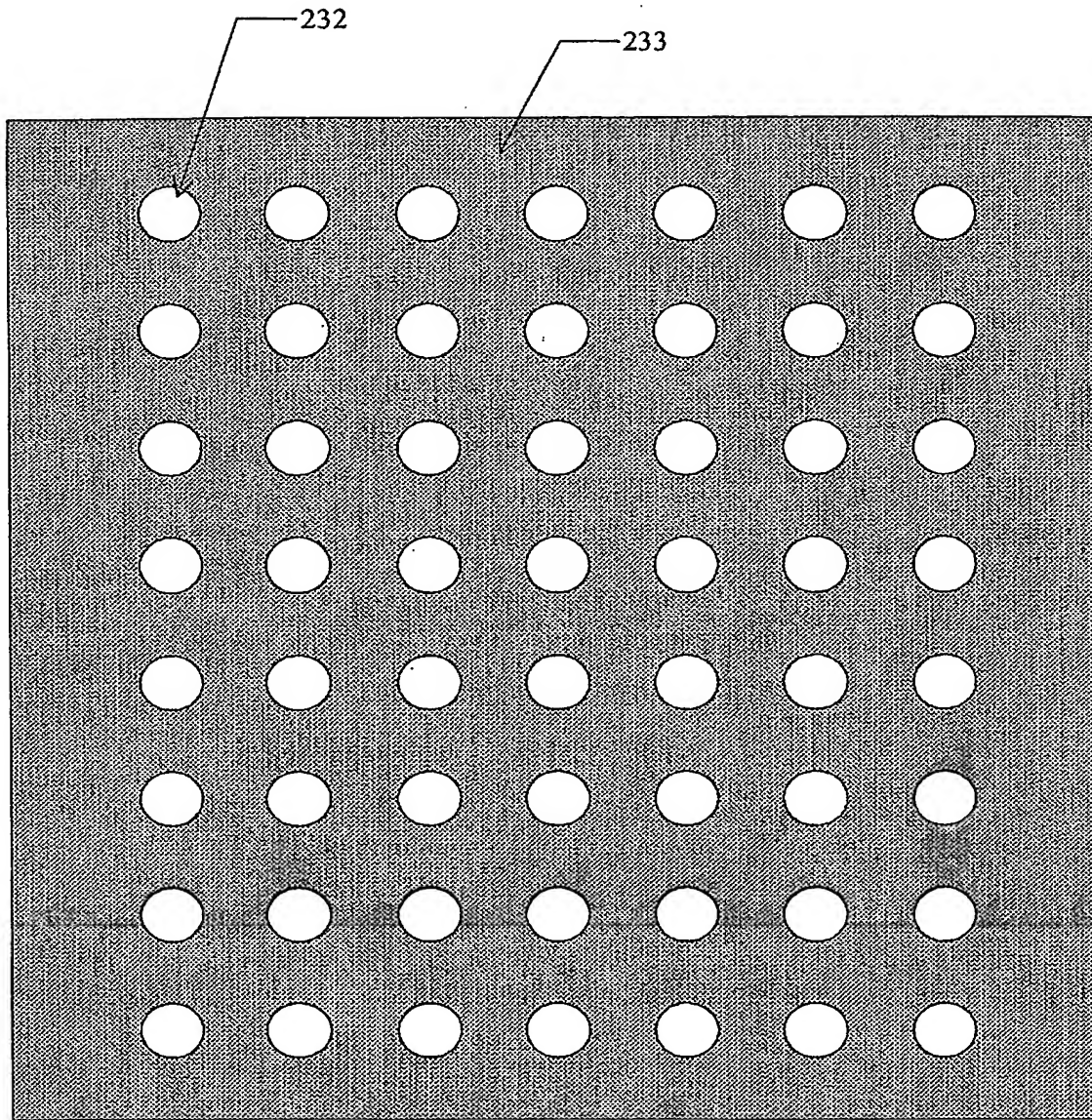
**Fig. 7**



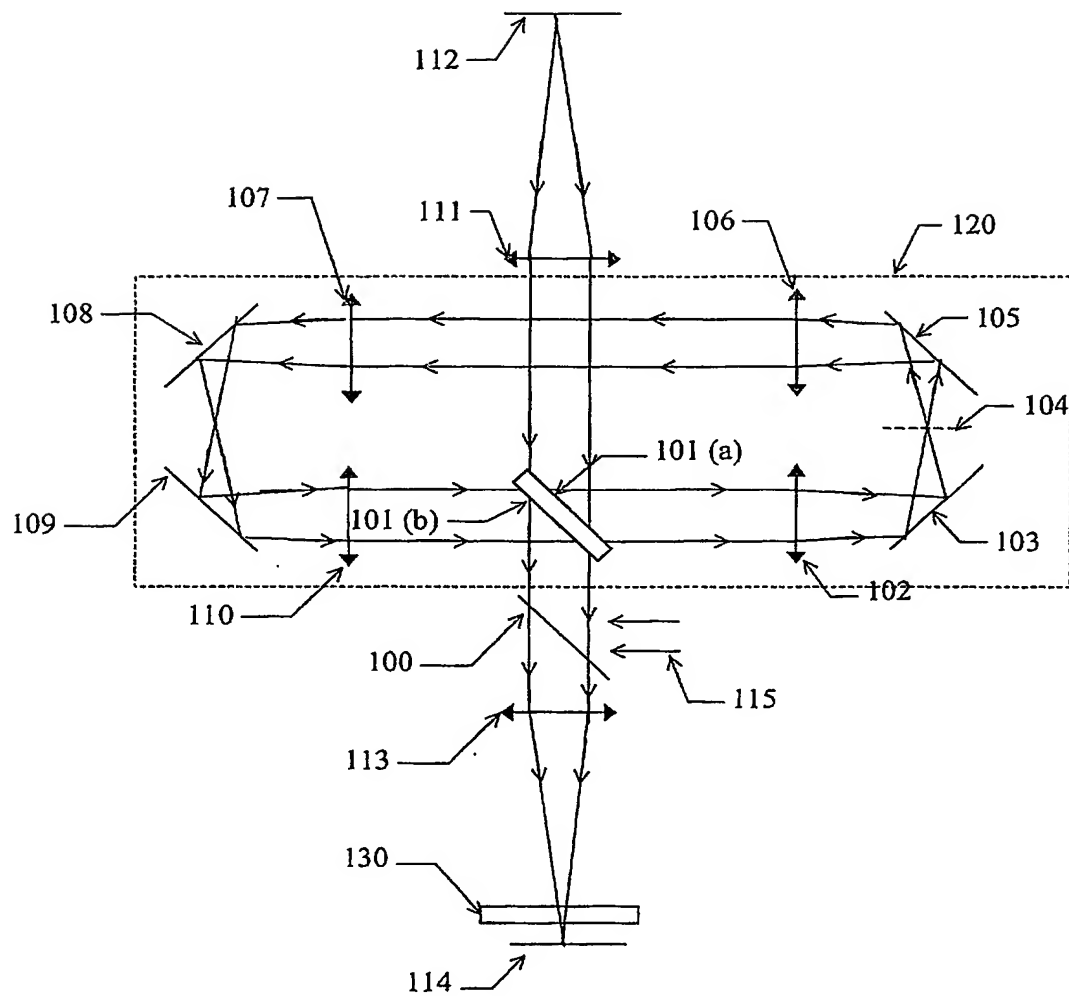


**Fig. 8**

9/17



**Fig. 9**



**Fig. 10**

11/17

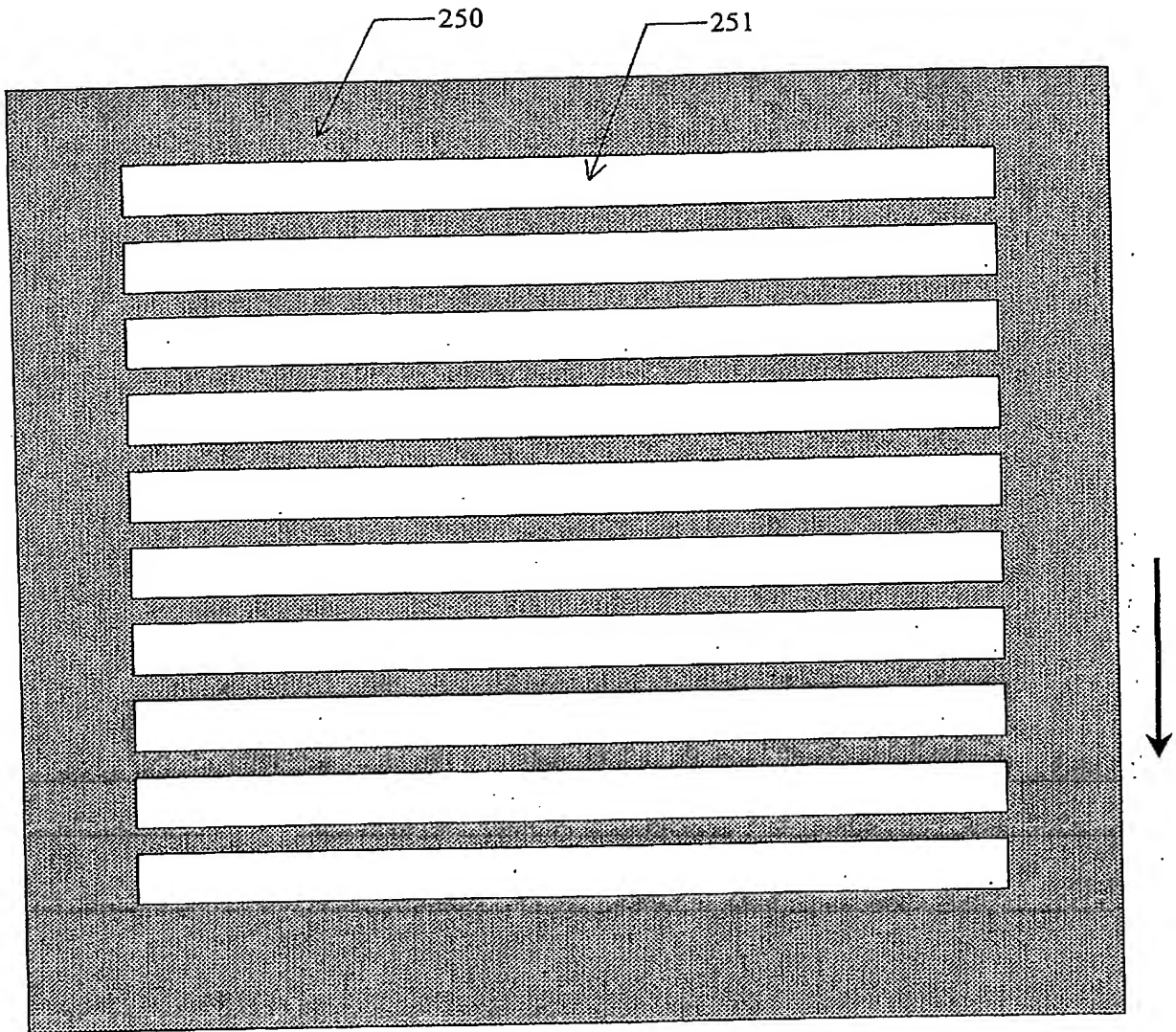


Fig.11



12/17

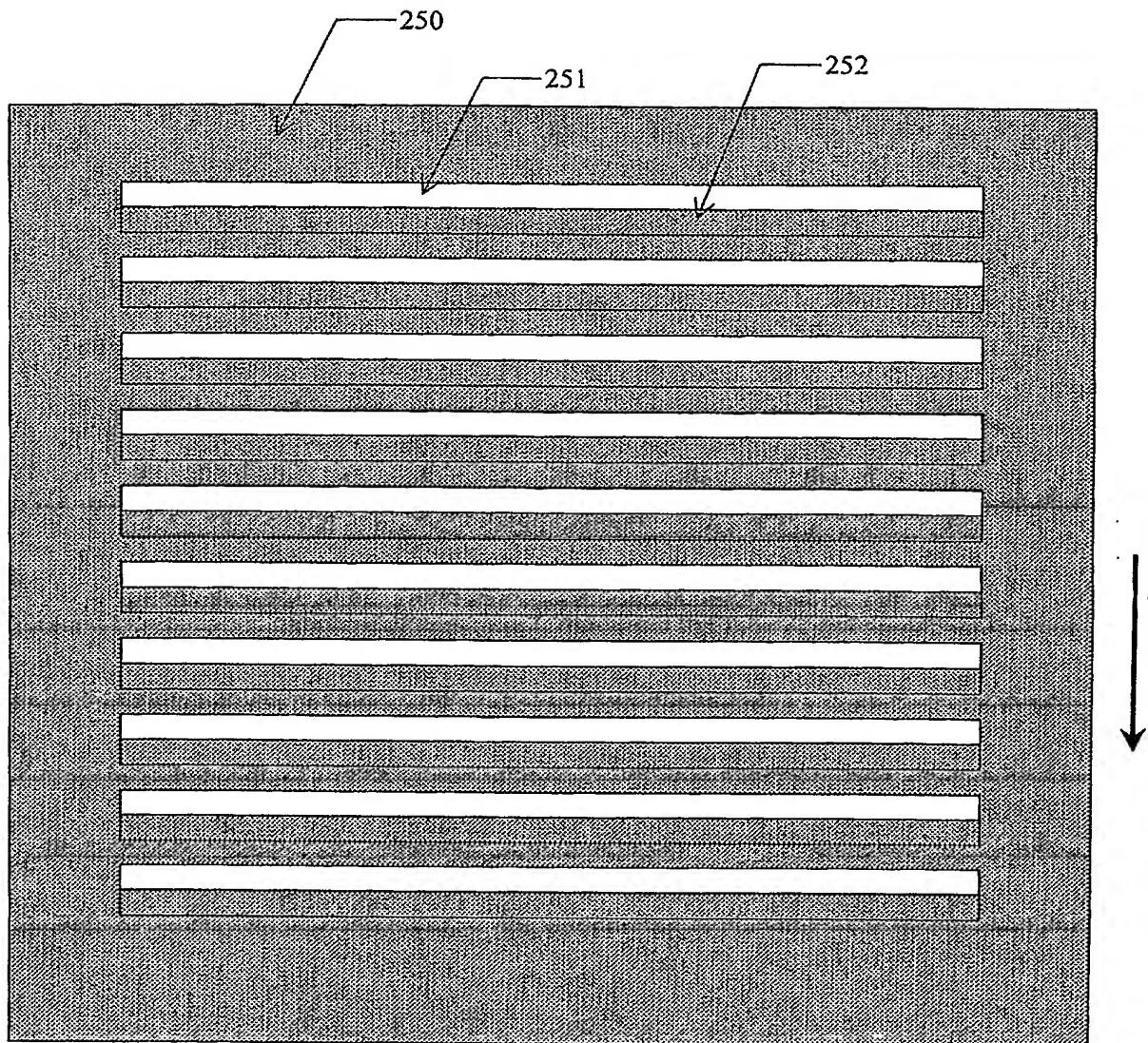
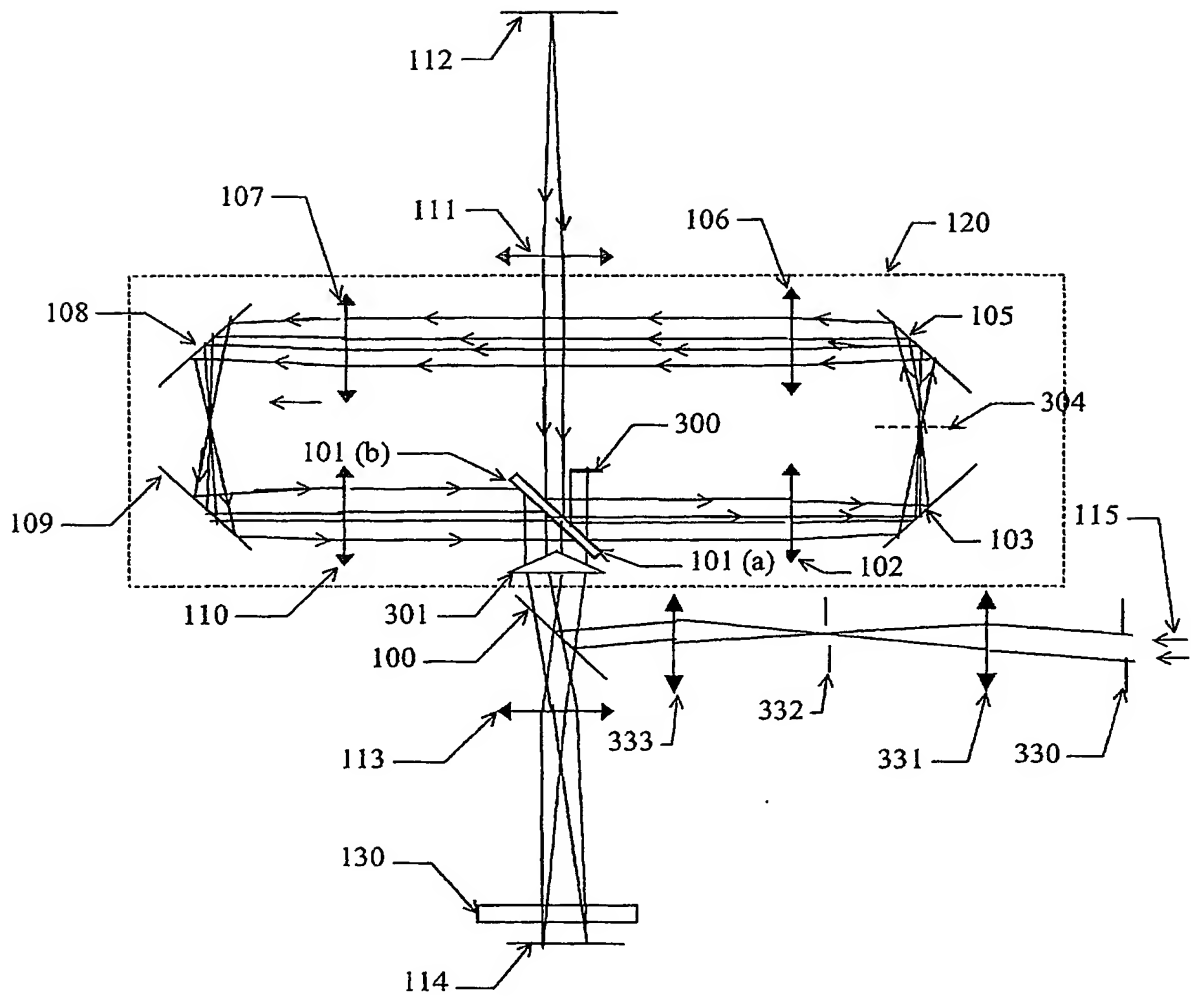


Fig.12



Fig.13



**Fig. 14**

15/17

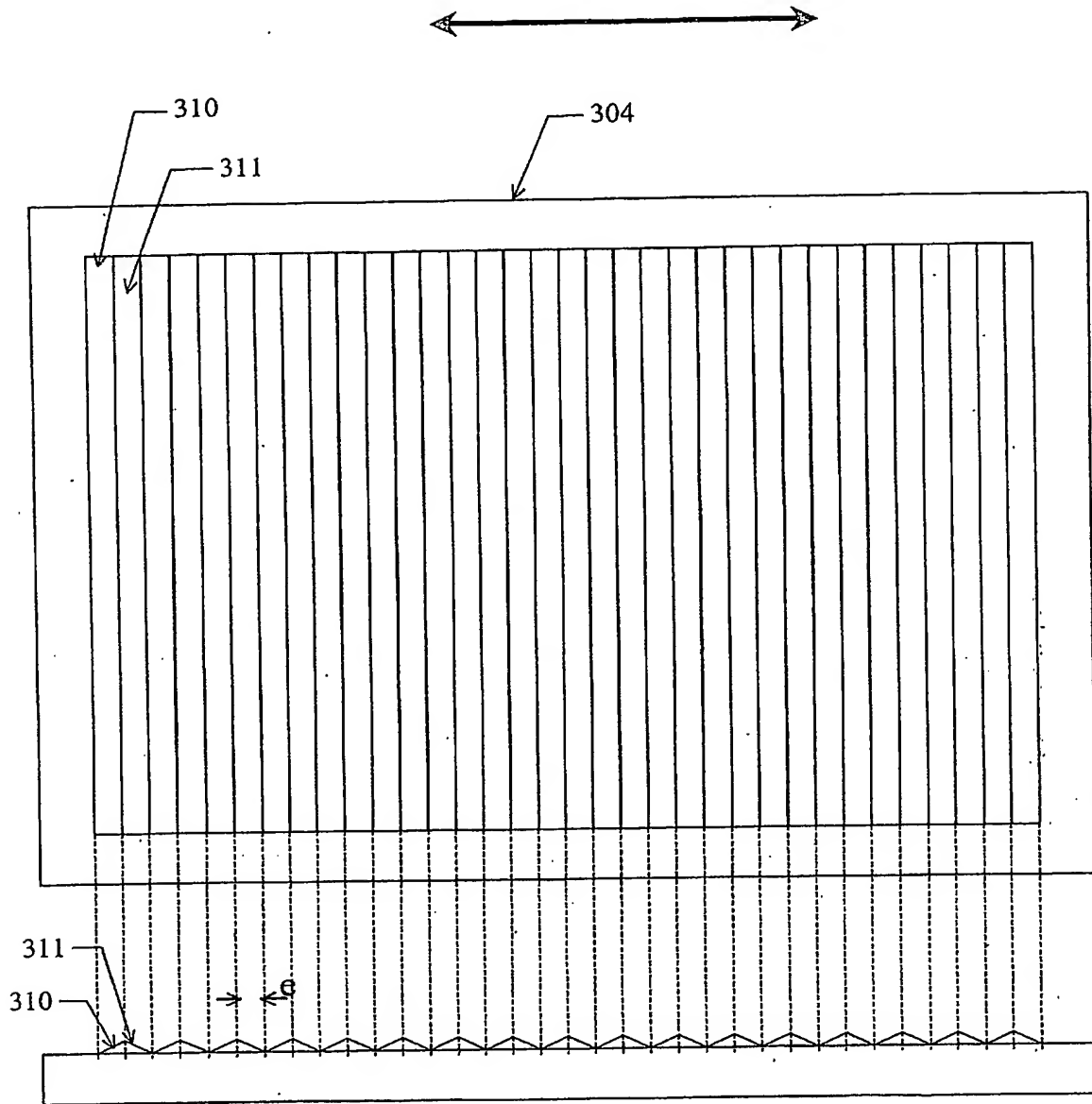
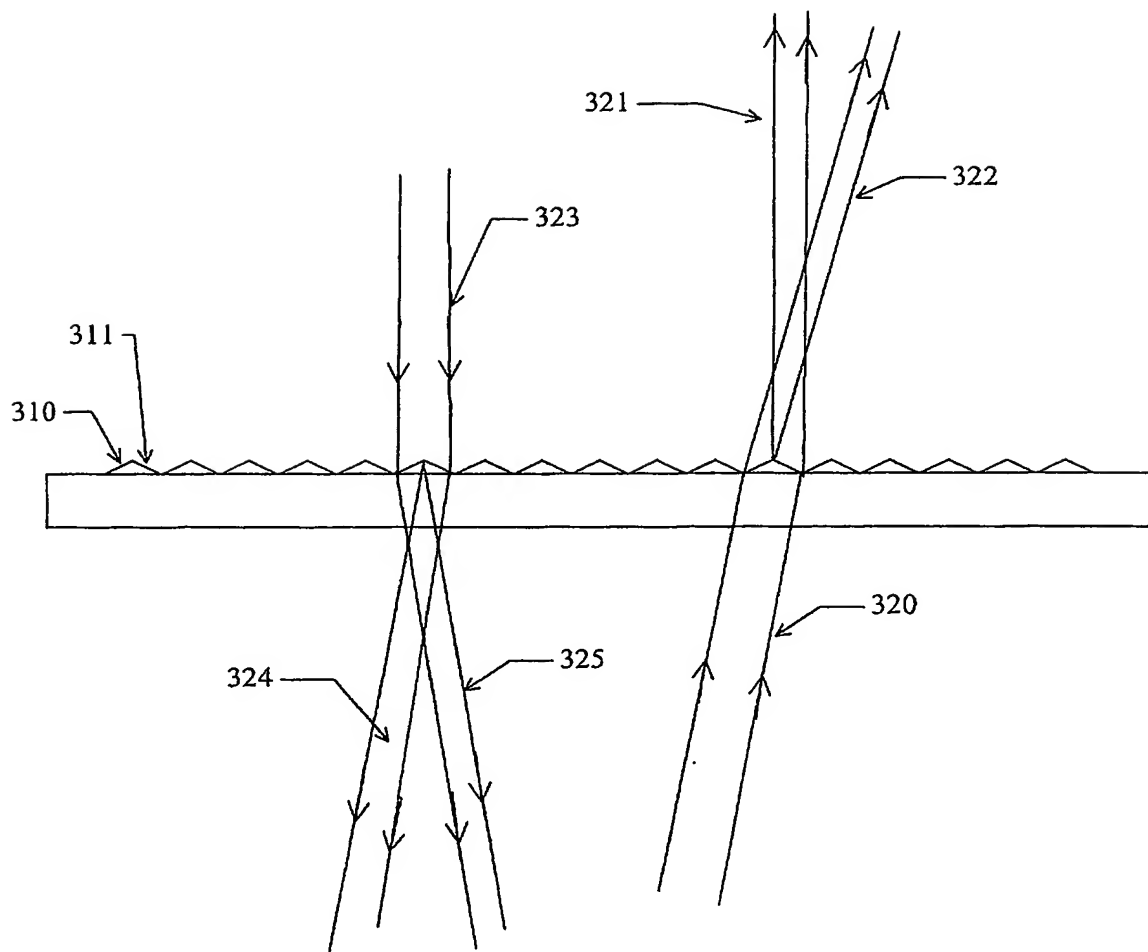
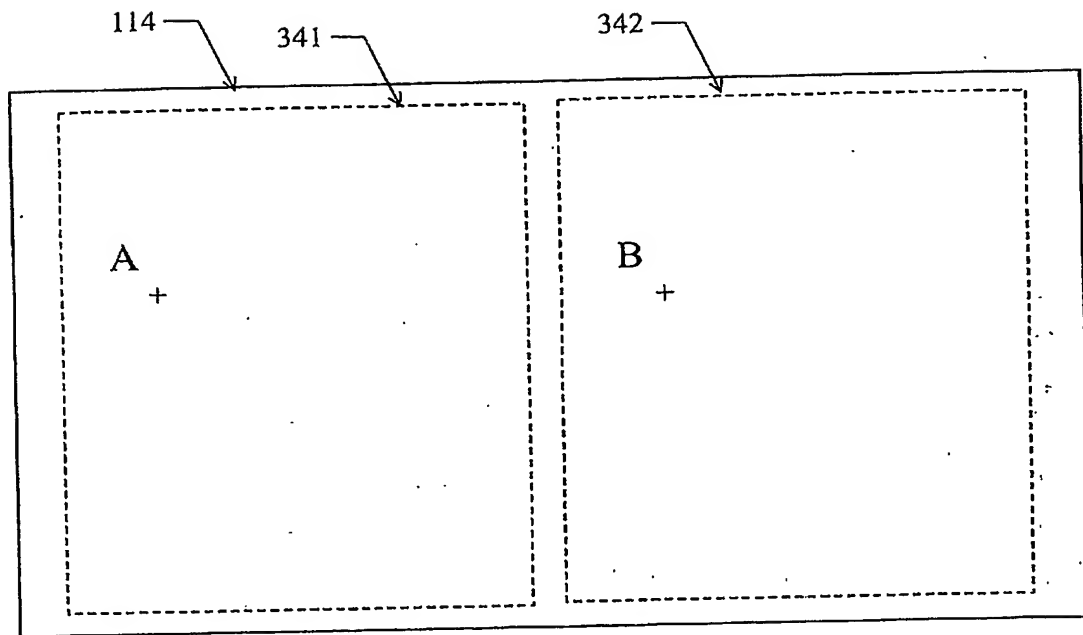


Fig. 15



**Fig. 16**

17/17



**Fig. 17**